

VOST Energie GmbH

Baugrundgutachten

vom Juli 2023

digitale Fertigung

Vorhaben: BV Photovoltaikanlage auf Flurnummern 270 und 271 in Bertoldshofen

Projektnr.: 22/23

Bauort: Flur-Nr. 270 und 271, Gemarkung Bertoldshofen
87616 Bertoldshofen



Vorhabensträger: VOST Energie GmbH
Burk 14
87616 Bertoldshofen

Verfasser:



mooser ingenieure gmbh & co. kg
Hohe Buchleuthe 9a
87600 Kaufbeuren

Fon +49 (0) 8341 9021-0
info@mooser-ingenieure.de
www.mooser-ingenieure.de

Verfasser			
05. JULI 2023		05. JULI 2023	
(Datum)	(Unterschrift)	(Datum)	Dr.-Ing. Friedrich Levin

Inhaltsverzeichnis

1 Bauvorhaben / Vorgang	4
1.1 Allgemeines	4
1.2 Unterlagen	4
2 Feld- und Laborarbeiten	4
2.1 Baugrundaufschlüsse	4
2.2 Bodenmechanische Laborversuche	5
3 Umwelttechnische Laborversuche	5
4 Beschreibung der Baugrundsituation	5
4.1 Standort und Nutzung	5
4.2 Geologischer Überblick	5
4.3 Hydrogeologischer Überblick	6
4.4 Lastfall Erdbeben	6
4.5 Kampfmittelfreiheit	6
4.6 Beschreibung der Baugrundsichten	6
4.6.1 Qualitative Beurteilung der Baugrundsichten	8
4.7 Beschreibung der Grundwasserverhältnisse	8
5 Bodenklassifikation und Homogenbereiche	10
5.1 Klassifikation	10
5.2 Bodenmechanische Parameter	11
6 Hinweise zur Bauausführung	12
6.1 Rammpfahlfundamente	12
6.2 Baugrubenherstellung und Wasserhaltung	14
7 Zusammenfassung	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung der Baugrundaufschlüsse	5
Tabelle 2: Qualitative Beurteilung der bautechnischen Eigenschaften der Baugrundsichten in Anlehnung an DIN 18196:2011-05	8

Tabelle 3: Bodenklassifikation nach DIN EN ISO 14688-1, Homogenbereiche nach DIN 18300:2019 und Bodengruppe nach DIN 18196, Bodenklasse nach DIN18300:2012 nur informativ	10
Tabelle 4: Kennwerte der Homogenbereiche nach DIN 18300:2019	11
Tabelle 5: Bodenmechanische Parameter (basierend auf Angaben der DIN 1055:2010, [U1], [U4] und eigenen Erfahrungswerten)	12
Tabelle 6: Bodenmechanische Parameter (basierend auf Angaben der DIN 1055:2010, [U4] und eigenen Erfahrungswerten)	14

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lagepläne	
1.1	Übersichtslageplan, M 1:25.000	1 Seite
1.2	Lageplan Baugrunderkundung, M 1:1.000	1 Seite
Anlage 2	Feldversuche	
2.1	Bohrprofile, M 1:50	8 Seiten
2.2	Schichtenverzeichnisse	26 Seiten
Anlage 3	Geologische Schnitte	
3.1	Schnitt A-A, M 1:75 / 1:750	1 Seite
3.2	Schnitt B-B, M 1:100 / 1:750	1 Seite

1 Bauvorhaben / Vorgang

1.1 Allgemeines

In 87616 Bertoldshofen plant die VOST Energie GmbH den Neubau einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) auf den Flurstücken 270 und 271, Gemarkung Bertoldshofen. Die Photovoltaikanlage wird mit senkrecht stehenden Modulreihen geplant, die über Stahlprofil-Rammpfähle im Baugrund verankert werden.

Die mooser ingenieure gmbh & co. kg (mi) wurde mit der Erkundung des Baugrunds und Erstellung eines geotechnischen Gutachtens für die Baumaßnahme von der VOST Energie GmbH beauftragt.

Im vorliegenden Gutachten werden die zur Baugrunduntersuchung durchgeführten Feldarbeiten dokumentiert und die Ergebnisse dargestellt und bewertet. Im Einzelnen betrachtet werden die Eigenschaften des Baugrunds hinsichtlich der Gründung und baulichen Ausführung der PV-Anlage.

Nach DIN EN 1997-1 EC7 Teil 1 wird die geplante Maßnahme aufgrund der geplanten Gründung mittels Rammpfählen in die geotechnische Kategorie II eingeteilt.

1.2 Unterlagen

Verwendete Unterlagen:

- [U1] Prinz, H., Strauß, R.: Abriss der Ingenieurgeologie, 4. Auflage, Elsevier GmbH, München, 2006
- [U2] UmweltAtlas Geologie, Internetauftritt des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU), Zugriff 08. / 23.06.2023
- [U3] Geoportal Bayern (BayernAtlas); Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Zugriff 23.06.2023
- [U4] Witt, Karl Josef (Hrsg.) Grundbau-Taschenbuch Teil 1: Geotechnische Grundlagen, 7. vollst. überarbeitete u. aktualisierte Auflage, 2008
- [U5] Witt, Karl Josef (Hrsg.) Grundbau-Taschenbuch Teil 3: Gründungen und geotechnische Bauwerke, 7. vollst. überarbeitete u. aktualisierte Auflage, 2008
- [U6] EA-Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, Verlag Ernst & Sohn, 2012

2 Feld- und Laborarbeiten

2.1 Baugrundaufschlüsse

Zur Untersuchung der Baugrundsituation wurden im Bereich der geplanten PV-Anlage am 22.05.2023 acht Rammkernsondierung (RKS) (\varnothing 36 mm) abgeteuft. Die Aufschlüsse reichten bis in eine maximale Tiefe von 6,8 m unter Geländeoberfläche (GOF) (siehe Tabelle 1).

Die Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse sind in Anlage 2 beigefügt.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Baugrundaufschlüsse

Aufschluss- bezeich- nung	Auf- schlussnr.	Ansatzhöhe [m ü. NHN] ^{*1}	Aufschlusstiefe		Grundwasser / Schichtwasser	
			[m ü. NHN] ^{*1}	[m u. GOF]	[m ü. NHN] ^{*1}	[m u. GOF]
Rammkern- sondierung	S1	719,69	712,89	6,8	718,96	0,73
	S2	723,10	717,50	5,6	721,15	1,95
	S3	730,44	726,94	3,5	728,88	1,56
	S8	721,90	717,20	4,7	719,95	1,95
	RKS4	728,92	725,42	3,5	nicht messbar	
	RKS5	733,10	729,10	4,0	731,93	1,17
	RKS6	733,29	727,99	5,3	732,91	0,38
	RKS7	724,40	720,90	3,5	722,84	1,56

^{*1} Höhenangabe gemäß Höhensystem DHHN16

2.2 Bodenmechanische Laborversuche

Es wurden keine bodenmechanischen Laborversuche zur Klassifizierung des Baugrunds durchgeführt.

3 Umwelttechnische Laborversuche

Im Zuge der Baumaßnahme ist nicht mit größeren Erdbewegungen bzw. Abtransport von Aushub zu rechnen. Es wurden daher keine umwelttechnischen Laborversuche zur orientierenden Voruntersuchung durchgeführt.

4 Beschreibung der Baugrundsituation

4.1 Standort und Nutzung

Das Untersuchungsgebiet mit einer Fläche von ca. 3,6 ha liegt westlich der Ortschaft Burk auf den Flurstücken 270 und 271, Gemarkung Bertoldshofen. Das Gebiet ist eine unbebaute Grünfläche, die derzeit als Weideland genutzt wird. Das Gelände fällt im Bereich des Bauvorhabens nach Südwesten von ca. 733,60 m ü. NHN auf 720,40 m ü. NHN in einem Winkel von ca. 3,2° ein. Westlich des Untersuchungsgebiets verläuft ein unbenannter Bachlauf der in einen Fischteich mündet, bevor er in die Geltnach weiterfließt.

4.2 Geologischer Überblick

Gemäß [U3] stehen im Untersuchungsgebiet als dominierende Bodenarten quartäre Geschiebemergel in Form von Schluff, wechselnd kiesig bis blockig, tonig bis sandig an. Nach Westen in Fallrichtung des Hanges hin zum genannten Bachlauf werden quartäre Talfüllungen in Form von Lehm oder Sand, z. T. kiesig angegeben.

Die durchgeführten Baugrunderkundungen konnten die Angaben aus [U3] weitgehend bestätigen. Die genannten Geschiebemergel in Form von Grundmoräneablagerungen traten unterhalb des Oberbodens und von 0,7 m bis ca. 1,0 m mächtigen bindigen Hangablagerungen nahezu im gesamten Untersuchungsgebiet auf. Im westlichen Teil des Untersuchungsgebiet wurden unterhalb der Hangablagerungen Stillwasserablagerungen in Form von Feinsand, schluffig bis stark schluffig bzw.

Schluff, feinsandig bis stark feinsandig angetroffen. Zuerst wurde in diesem Bereich die Obere Süßwassermolasse in Form von Ton, dichtem Feinsand, steifem bis festem sandigen Schluff und teilweise Sandstein / Tonstein erkundet.

4.3 Hydrogeologischer Überblick

Im Bereich des Untersuchungsgebiets wurde in allen Aufschlüssen Grundwasser erkundet, das Hangparallel in Richtung des genannten Bauchlaufs fließt. Stellenweise wurde gespanntes Grundwasser erbohrt.

Der westliche Teil des Untersuchungsgebiets wird als wassersensibel ausgewiesen [U3], liegt aber nicht im Bereich eines ausgewiesenen Überschwemmungsgebiets [U3]. Wassersensible Gebiete sind definiert als Bereiche, in denen es zu Überschwemmungen und Überspülungen kommen kann. Nutzungen können hier beeinträchtigt werden durch über die Ufer tretende Bäche, zeitweise hohen Wasserabfluss in sonst trockenen Bereichen oder zeitweise hoch anstehendem Grundwasser. Das Untersuchungsgebiet liegt im Wasserschutzgebiet in der Schutzzone III der nordwestlich gelegenen Brunnenanlage Bertoldshofen.

Genauere Informationen zur Hydrogeologie können dem Bericht der GUT GmbH, Marktoberdorf vom 04.07.2023 entnommen werden.

4.4 Lastfall Erdbeben

Dem Untersuchungsgebiet und dem zu errichtenden Bauwerken können nach DIN EN 1998-1 NA 2021-07 folgende seismische Kennwerte zugeordnet werden:

- Untergrundverhältnisse C-R (grobkörnige bzw. gemischtkörnige Lockergesteine – Fels, Festgestein)
- Spektrale Antwortbeschleunigung $s_{aP,R} (475 a) = 0,746 \text{ m/s}^2$
- Bodenparameter $S = 1,50$
- Referenz-Spitzenbodenbeschleunigung $a_{gR} = 0,298 \text{ m/s}^2$
- Bedeutungsbeiwert für zu errichtendes Gebäude, voraussichtlich: $\gamma = 1,0$
- Bemessungsbodenbeschleunigung $a_g = \gamma \cdot a_{gR} = 0,298 \text{ m/s}^2$
 $\Rightarrow a_g \cdot S = 0,298 \text{ m/s}^2 \cdot 1,50 = 0,447 < 0,6 \text{ m/s}^2$

Die Seismizität im Untersuchungsgebiet liegt unterhalb der Geringfügigkeitsschwelle von $0,6 \text{ m/s}^2$. Entsprechende Nachweise zur Erdbebensicherheit sind daher für das zu errichtende Bauwerk nicht zu erbringen.

4.5 Kampfmittelfreiheit

Die Bohransatzpunkte wurden nicht hinsichtlich Kampfmitteln freigemessen. Es können daher keine näheren Angaben zu eventuell vorhandenen Kampfmitteln gemacht werden.

4.6 Beschreibung der Baugrundsichten

Die Lage der im Folgenden beschriebenen Baugrundsichten kann den Bohrprofilen in Anlage 2 sowie den geologischen Schnitten in Anlage 3 entnommen werden.

Oberboden (O)

In allen Bohrungen wurde eine 0,3 m mächtige Oberbodenschicht in Form von Mutterboden, in der Regel Schluff, sandig, kiesig, humos erkundet.

Auffüllungen (A)

In Bohrung RKS6 wurden unterhalb der Oberbodenschicht Auffüllungen in Form von Schluff, schwach sandig, schwach kiesig, mit Ziegelresten erkundet. Die Mächtigkeit der Auffüllungen beträgt 1,0 m. Das Material war erdfeucht mit einer vorwiegend weichen zuunterst steifen Konsistenz.

Hangablagerungen (HA)

In den Aufschlüssen RKS4, RKS5, RKS7, S1, S2, S3 und S8 wurden unterhalb des Oberbodens in der Regel ca. 1,0 m, stellenweise 2,6 m (S1) mächtige bindige Hangablagerungen in Form von Schluff mit variierenden Kies- und Sandanteilen, stellenweise (RKS4) in Form von Feinsand, stark schluffig, sehr schwach kiesig erkundet. Stellenweise (RKS4, RKS7) sind die Ablagerungen von Torfschichten durchzogen. Die Schichtfolge deutet hier auf vormals stattgefundene Rutschungsprozesse hin, die aber als abgeschlossen bewertet werden können. Die Konsistenz der Hangablagerungen war vorwiegend weich, stellenweise weich bis steif.

Stillwasser (SW)

In den Aufschlüssen S1, S2, S8 und RKS7 wurden Stillwasserablagerungen in Form von Feinsand, schluffig bis stark schluffig bis Schluff, stark feinsandig aufgeschlossen. Die Mächtigkeit der Schicht variiert zwischen 4,50 m (S2) und 1,1 m (RKS4). Das Material war im Bereich von Grundwasservorkommen nass, sonst erdfeucht. Die Ablagerungen wiesen eine mitteldichte Lagerung bzw. weiche Konsistenz auf. Die Schicht kann bei dynamischer Beanspruchung oder Abgrabung zur Verflüssigung neigen.

Grundmoräne (GM)

In den Bohrungen RKS4, RKS5, RKS6 und RKS7 wurde Grundmoräne in Form Schluff, stark sandig, kiesig bis Feinsand, stark schluffig, kiesig, stellenweise (RKS6) Kies, sandig, stark schluffig aufgeschlossen. Die Schicht wurde in Teufen zwischen 0,75 m und 3,20 m mit Mächtigkeiten zwischen 1,4 m und > 4,0 m angetroffen. Das Material war in Bereichen ohne Grundwasser in der Regel erdfeucht mit steifer Konsistenz, in Bereichen mit Grundwasser in der Regel nass mit weicher bis breiiger Konsistenz. Die Lagerung der nichtbindigen Bereiche variierte zwischen locker bis dicht, vorwiegend mitteldicht.

Obere Süßwassermolasse (OSM)

In den Bohrungen RKS7, S1, S2 und S3 wurde zuunterst die Obere Süßwassermolasse in Form von Feinsand bis Mittelsand, schwach schluffig, mit Übergang zu Sandstein, bis Schluff, sandig, bis Ton,

feinsandig mit Übergang zum Tonstein erkundet. Die bindigen Bereiche wiesen eine steife bis halbfeste (S2), bis feste (RKS7) Konsistenz auf. Die nichtbindigen Bereiche hatten eine mitteldichte bis dichte Lagerung. Die Schicht bildet den lokalen Grundwasserstauer.

4.6.1 Qualitative Beurteilung der Baugrundsichten

Auf Basis der nach visuellen und manuellen Verfahren durchgeführten Klassifikation im Feld fasst Tabelle 2 qualitativ die Eigenschaften der verschiedenen Baugrundsichten in Anlehnung an die DIN 18196:2011 zusammen.

Tabelle 2: Qualitative Beurteilung der bautechnischen Eigenschaften der Baugrundsichten in Anlehnung an DIN 18196:2011-05

Kriterium	Baugrundsichten (Kurzzeichen, siehe Abschnitt 4.6)						
	O	A	HA	SW	GM (nicht-bindig)	GM (bindig)	OSM
Klassifikation nach DIN 18196	OU-OH	[UL]	UL-UM (HZ)	SU* / UM	SU / SU* / GU*	UM	SU* / SU / TM
1 Scherfestigkeit	-	-o	-o	+o	+o	- bis o	+
2 Verdichtungsfähigkeit	--	-	-	o	+o	-	-
3 Zusammendrückbarkeit	-	-o	-o	+	+	-	+
4 Wasserdurchlässigkeit	o	+	+o	o	o	+	+
5 Erosionsempfindlichkeit	+	+	+	-o	+	+	+
6 Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB 17	-- F3	- F3	- F3	-o F3	- F3	- F3	- F3
7 Fließgefahr bei Wasserzutritt	++	+	+	-	+	+	++
8 Tragfähigkeit	--	-o	-o	+o	+o	-	++

Legende							
Zeile 1 / 8	-- sehr gering	- gering	-o mäßig	o mittel	+o mittel bis groß	+ groß	++ sehr groß
Zeile 2	-- sehr schlecht	- schlecht	-o mäßig	o mittel	+o mittel bis gut	+ gut	++ sehr gut
Zeilen 3 bis 7	-- sehr groß	- groß	-o groß bis mittel	o mittel	+o gering bis mittel	+ sehr gering	++ vernachlässigbar klein

4.7 Beschreibung der Grundwasserverhältnisse

In allen Baugrundaufschlüssen wurde Grundwasser erkundet. Die Tiefen, in denen am 22.05.2023 Wasser angetroffen wurde, variieren zwischen 0,38 m (RKS6) und 1,95 m (S2, S8) unter GOF. In Bohrung RKS6 wurde das Grundwasser in 2,50 m angebohrt und stieg bis auf 0,38 m unter GOF an. Der Grundwasserleiter ist hier lokal gespannt mit einem Überdruck von 0,21 bar. Stellenweise war der Baugrund auch an der GOF vernässt. Die Fließrichtung des Grundwassers ist nach Südwesten in Richtung des angrenzenden Bachlaufs. Die Grundwasseroberfläche verläuft nahezu hangparallel. Nach Angabe des Grundstückseigentümers befinden sich im Untersuchungsgebiet Drainageleitungen zur Entwässerung des Hanges. Die genaue Lage dieser Leitungen ist unbekannt.

Für die Baumaßnahme ist im gesamten Untersuchungsgebiet mit Grundwasser zu rechnen, das lokal gespannt sein kann. Es kann daher durch das Einbringen von Verankerungselementen der Photovoltaikanlage zu einer Grundwasserentspannung und einem Grundwasseranstieg in höhergelegene Baugrundsichten kommen. In der Folge können sich die Baugrundeigenschaften hinsichtlich Scherfestigkeit und Tragfähigkeit verschlechtern. Genauere Angaben dazu werden in Abschnitt 6 gemacht.

Beim Aushub von Leitungsräben oder dem Erstellen von Fundamentierungen eines Trafogebäudes ist stets mit Grundwasserandrang zu rechnen. Die erwartbaren Grundwassermengen können mit Hilfe einer offenen Wasserhaltung gefasst und abgeleitet werden.

Die im Folgenden festgelegten Grundwasserstände basieren auf den Messergebnissen vom 20.05.2023. Der Wasserandrang am Messtag ist aufgrund vorangegangener starker lang anhaltender Regenfälle als tendenziell hoch einzuschätzen. Grundsätzlich können die Wasserstände saisonal stark schwanken. Folgende Wasserstände werden für die Baumaßnahme festgelegt:

- Höchstmöglicher Grundwasserstand HHGW: Geländeoberfläche
- Bemessungswasserstand HGW (höchster gemessener Wasserstand): 0,38 m u. GOF
- Mittlerer höchster Grundwasserstand MHGW (mittlerer gemessener Wasserstand): 1,16 m

Diese Festlegungen sind aufgrund der geringen Datenlage mit Unsicherheiten behaftet.

5 Bodenklassifikation und Homogenbereiche

Auf Basis der Beschreibung der Baugrundsituation in Abschnitt 4 werden die Böden im Folgenden nach DIN 18196:2011-05 und DIN EN ISO 14688-1:2020-11 klassifiziert. Aufbauend auf dieser Einteilung werden die Baugrundsichten in Homogenbereiche nach DIN 18300:2019 hinsichtlich Eigenschaften für Erdarbeiten vor dem Lösen für übliche Bauverfahren im Tiefbau eingeteilt. Außerdem werden die nicht mehr gültigen und hier nur informativ mitgeteilten Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09 genannt (siehe Tabelle 3). Bodenmechanische Parameter zu den Baugrundsichten werden auf Basis von tabellierten und eigenen Erfahrungswerten abgeschätzt (siehe Tabelle 5).

5.1 Klassifikation

Tabelle 3 fasst die Klassifikation der Baugrundsichten nach DIN 18196:2011-05 und DIN EN ISO 14688-1:2020-11 und Einteilung in Homogenbereiche nach DIN 18300:2019 zusammen.

Tabelle 3: Bodenklassifikation nach DIN EN ISO 14688-1, Homogenbereiche nach DIN 18300:2019 und Bodengruppe nach DIN 18196, Bodenklasse nach DIN18300:2012 nur informativ

Baugrundsicht	Bodenart nach DIN EN ISO 14688-1:2020-11	Homogenbereich n. DIN 18300:2019-09	Bodengruppe nach DIN 18196:2011	Bodenklasse n. DIN 18300:2012-09
Oberboden		O	OU / OH	1
Auffüllungen Schluff, schwach sandig, schwach kiesig, mit Ziegelresten	A (gr'sa'Si)	A	[UL]	4
Hangablagerungen Schluff mit variierenden Kies- und Sandanteilen, stellenweise Feinsand, stark schluffig, sehr schwach kiesig, stellenweise Torf	gr-gr'sa-sa*Si, gr'si*fSa	EA1	UL-UM (HZ)	4 (3)
Stillwasser Feinsand, schluffig bis stark schluffig bis Schluff, stark feinsandig	si-si*fSa, fsa*Si	EA2	SU* / UM	4 (2)
Grundmoräne Schluff, stark sandig, kiesig bis Feinsand, stark schluffig, kiesig, stellenweise Kies, sandig, stark schluffig	grsa*Si, grsi*fSa, sasi*Gr	EA3	SU / SU* / GU* / UM	4
Obere Süßwassermolasse Feinsand bis Mittelsand, schwach schluffig, mit Übergang zu Sandstein, bis Schluff, sandig, bis Ton	si'fSa-mSa, Sst, saSi, Cl	EA4	SU* / SU / TM	5-6

In Tabelle 4 werden die nach VOB Teil C geforderten Kennwerte bzw. Bandbreiten der Kennwerte für die verschiedenen Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300:2019 angegeben. Zum Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke können nur grobe Schätzwerte angegeben werden,

die auf Erfahrungswerten basieren, da die durchgeführt Untersuchungen keine gesicherte Aussage zulassen.

Tabelle 4: Kennwerte der Homogenbereiche nach DIN 18300:2019

	Homogenbereich					
	O	A	EA1	EA2	EA3	EA4
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Auffüllungen	Hangablagerungen	Stillwasser	Grundmoräne	Obere Süßwassermolasse
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1 und-2 *1	-	Steine <2%, Blöcke <<1%	Steine <10%, Blöcke <<2%	Steine <2%, Blöcke <<1%	Steine <15%, Blöcke <5%	Steine <2%, Blöcke <<1%
Bodengruppe nach DIN 18196	OU / OH	[UL]	UL-UM (HZ)	SU* / UM	SU / SU* / GU* / UM	SU* / SU / TM
Plastizitätszahl I_p	-	0,04-0,10	0,07-0,15	0,07-0,15	0,07-0,20	0,15-0,30
Konsistenzzahl I_c	-	0,5-0,75	0,5-0,75	0,5-0,75	<0,5-0,60	0,75 - >1,0
Lagerungsdichte D	-	-	-	0,3-0,5	0,3-0,5	0,5-0,7
Organischer Anteil	-	-	bei Torf > 20%	-	-	-

*1 grobe Abschätzung auf Basis geol. Entstehungsgeschichte

5.2 Bodenmechanische Parameter

In Tabelle 5 sind die bodenmechanischen Parameter für den Baugrund zusammengefasst. Die Angabe der Parameter basiert auf der Feldansprache der Baugrundsichten, der Klassifikation und eigenen sowie tabellierten Erfahrungswerten. Die Angaben sind daher mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet. Die Angaben gehen von einem ungestörten in situ Zustand der Baugrundsichten aus. Die Parameter können sich durch Auflockerungen oder Aufweichungen während des Bauprozesses deutlich verschlechtern (siehe Abschnitt 6).

Tabelle 5: Bodenmechanische Parameter (basierend auf Angaben der DIN 1055:2010, [U1], [U4] und eigenen Erfahrungswerten)

Baugrundschrift	HG ^{*1}	Lagerungs- dichte / Kon- sistenz	γ / γ' [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k / c_u [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
Auffüllungen	A	weich	17-18 / 8-9	22,5-25,0	$c'_k = 0-2$ $c_u = 5-10$	2-5
Hangablagerungen	EA1	weich	18-21 / 8-11	25,0-28,0	$c'_k = 0-3$ $c_u = 10-25$	0,3 (Torf)-3
Stillwasser, nicht- bindig	EA2	mitteldicht	20-21 / 10-11	27,5	$c'_k = 0-4$	30-70
Stillwasser, bindig		weich	18-21 / 8-11	22,5-25,0	$c'_k = 3-6$ $c_u = 10-25$	2-5
Grundmoräne, nichtbindig	EA3	mitteldicht	19-22 / 9-12	27,5-32,5	$c'_k = 2-4$	40-90
Grundmoräne, bin- dig		weich bis breiig	16-18 / 8-9	22,5	$c'_k = 0-2$ $c_u = 10-12$	1-2
Obere Süßwasser- molasse, nichtbin- dig	EA4	mitteldicht	20-22 / 10-12	30-37	$c'_k = 0-5$	40-120
Obere Süßwasser- molasse, bindig		halbfest bis fest	20,5-22 / 10,5-12	22,5-26	$c'_k = 10-30$ $c_u = 100-200$	40-140

*1 Homogenbereich nach DIN 18300:2019-09

6 Hinweise zur Bauausführung

6.1 Rammpfahlfundamente

Die Photovoltaikanlage ist nach aktuellem Kenntnisstand als sogenannte Agri-PV-Anlage mit vertikal stehenden Modulen geplant. Die Modulreihen werden in einem Abstand von 8,0 m mit Achse in Nord-Süd-Richtung aufgestellt. Nach Angabe des Auftraggebers sind insgesamt 36 Modulreihen mit einer maximalen Länge von ca. 155 m und einer Gesamtlänge von ca. 3500 m geplant. Nach aktuellem Kenntnisstand sollen die Solarmodule mit Stahlprofil-Rammpfählen fundamementiert werden. Nach Herstellerangaben wird alle 2,30 m ein Pfahl erstellt. Das entspricht einer Anzahl von ca. 1500 Rammpfählen.

Die Pfähle werden als offene Rechteckprofile (C-Profile) mit Abmessungen 200 x 100 x 20 x 3,5 mm bzw. 120 x 60 x 20 x 3 mm (S350), je nach eingesetzter Gestellklasse, ausgeführt. Üblicherweise werden die Pfähle für den Korrosionsschutz feuerverzinkt. Sollte diese Beschichtung im gegebenen Fall aufgrund der Lage in der Schutzzone III des Wasserschutzgebiets nicht möglich sein, sollte der Korrosionsschutz durch die Verwendung alternativer Materialien (Edelstahl, Aluminium, Stahl mit Berücksichtigung der Abrostung über die Lebensdauer) sichergestellt werden. Übliche Einbautiefen der Pfähle liegen laut Herstellerangaben zwischen 1,5 m und 2,5 m. Die Pfahltiefe variiert entlang einer Modulreihe, wobei in den Randbereichen die längeren Pfähle verbaut werden und zum Zentrum hin

die Pfahllängen reduziert werden. Die maßgebende Belastung der Pfähle ist auf Zug. Ausschlaggebend für die Pfahllänge ist daher die ausreichende Übertragung von Mantelreibung zwischen Baugrund und Pfahl, um die angreifenden Kräfte und Momente abtragen zu können.

Im gegebenen Fall reichen die Rammpfähle bis in den Bereich des Grundwassers. Die im Fundamentierungsbereich anstehenden Böden sind vorwiegend bindig (Hangablagerungen, Stillwasser, bindige Grundmoräne). Deren Tragfähigkeit wird maßgeblich durch die Konsistenz beeinflusst. Die Perforierung der Baugrundsichten durch die Pfähle bis in grundwasserführende Schichten kann zur Folge haben, dass entlang der Pfähle, insbesondere in Bereichen gespannten Grundwassers, Wasserwegigkeiten in Richtung der Geländeoberfläche entstehen, die zu einem Aufweichen der Baugrundsichten und damit einer Verschlechterung der Konsistenz führen. Ein zusätzlicher Faktor, der zu einer Verschlechterung der Konsistenz der bindigen Baugrundsichten führen kann, sind die nach Angaben des Auftraggebers im Bereich der geplanten PV-Anlage verlegten Drainageleitungen zur Drainierung der Grünfläche. Aufgrund der vorher genannten hohen Anzahl der zu verbauenden Pfähle ist es wahrscheinlich, dass diese Drainageleitungen stellenweise beschädigt oder gänzlich unbrauchbar werden und es dadurch zu einer zusätzlichen Vernässung des Baugrunds kommt. Im Bereich der Stillwasserablagerungen kann es beim Rammen der Pfähle zu einer lokalen Verflüssigung des Bodens um den Pfahl kommen, die eine temporäre starke Reduktion der Tragfähigkeit des Pfahls bedingen kann.

Die bindigen Böden im Gründungsbereich haben vorwiegend eine weiche Konsistenz, die sich durch zusätzliches Aufweichen zu einer sehr weichen bis sogar breiigen Konsistenz hin verschlechtern kann. Für die statische Bemessung der Pfahlfundamente sollte von einer Vernässung ausgegangen werden.

Aufgrund der hohen Anzahl der Pfähle, der schlechten Baugrundverhältnisse und dadurch, dass die Baugrundverhältnisse eine Bemessung rein auf Erfahrungswerten nicht zulassen, wird empfohlen Pfahlprobelastungen in situ durchzuführen, um eine tragfähige und wirtschaftliche Gründung zu erzielen. Insbesondere auch im Bereich der Stillwasserablagerungen sollten Probelastungen durchgeführt werden, um einen eventuellen Einfluss einer Verflüssigung des Baugrunds beim Einbringen der Pfähle auf deren Tragfähigkeit berücksichtigen zu können. Da die Pfahlwiderstände nach Einbringen und Verflüssigung mit der Zeit wieder anwachsen werden, sollte in diesem Bereich in Erwägung gezogen werden, die Probelastung erst mehrere Tage nach einbringen des Pfahls durchzuführen.

Zur Vorbemessung der Pfähle werden im folgenden Parameter auf Basis von Erfahrungswerten angegeben, die allerdings durch die genannten Pfahlprobelastungen überprüft werden müssen. Die in Tabelle 5 angegebenen Scherparameter gehen von einem ungestörten in situ Zustand des Baugrunds aus und müssen daher, zur Berücksichtigung des beschriebenen Umstands, abgemindert werden. Die abgeminderten Scherparameter für eine Vorbemessung sind in Tabelle 6 für die bindigen Baugrundsichten, die bei den erwartbaren Einbindetiefen der Rammpfähle durchörtert werden, angegeben.

Tabelle 6: Abgeminderte bodenmechanische Parameter

Baugrundsicht	HG ^{*1}	γ / γ' [kN/m ³]	φ'_k [°]	c'_k / c_u [kN/m ²]
Auffüllungen	A	siehe Tabelle 5	22,5	$c'_k = 0$ $c_u = 10$
Hangablagerungen	EA1	siehe Tabelle 5	22,5	$c'_k = 0$ $c_u = 10$
Stillwasser, bindig	EA2	siehe Tabelle 5	22,5	$c'_k = 0$ $c_u = 10$
Grundmoräne, bindig	EA3	siehe Tabelle 5	22,5	$c'_k = 0$ $c_u = 10$

*1 Homogenbereich nach DIN 18300:2019-09

Für die mittlere Mantelreibung im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) kann in allen genannten Schichten auf Basis von Erfahrungswerte folgender Wert angesetzt werden:

$$q_{s,k} = 5 \text{ kN/m}^2 \text{ [U5]}$$

Der maximal aktivierbare Mantelwiderstand auf Basis von Erfahrungswerten kann nach EA-Pfähle [U6] wie folgt ermittelt werden

$$R_{s,k}(s) = \sum_i \eta_s \cdot A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}$$

mit $A_{s,i}$... Pfahlmantelfläche in Schicht i

η_s ... Modellfaktor der Mantelreibung nach der EA-Pfähle [U6]

6.2 Baugrubenherstellung und Wasserhaltung

Bei der Herstellung von Baugruben und Gräben für Kabelverlegungen etc. muss im gesamten Untersuchungsgebiet ab Tiefen von ca. 1,16 m (MHGW) mit dem Andrang von Grundwasser gerechnet werden. Im Bereich von nichtbindigen Grundmoräneschichten kann es zu temporär erhöhten Wasserandrang aufgrund der größeren Wasserdurchlässigkeit und lokal gespanntem Grundwasser kommen. In Bereichen mit Stillwasserablagerungen kann es zum Fließen dieser Baugrundsicht in den Graben bzw. die Baugrube während des Aushubs kommen. Dies sollte durch Auflastschüttungen unterbunden werden.

Die Wasserhaltungen für die geplante Maßnahme können aufgrund der geringen zu erwartenden Aushubtiefen für Fundamente oder Gräben als offene Wasserhaltung ohne großflächige Absenkung des Grundwassers ausgeführt werden. Durch die geringen zu erwartenden Wassermengen sollte eine Versickerung im Bereich des Untersuchungsgebiets möglich sein. Bei Planung einer Einleitung des gefassten Grundwassers in eine Vorflut, ist hierfür eine wasserrechtliche Genehmigung einzuholen.

7 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht zur Baugrundsituation wird die Baugrunderkundung für das Bauvorhaben Photovoltaikanlage auf Flurnummern 270 und 271 in Bertoldshofen (Burk) zusammengefasst und beurteilt.

Der Baugrund setzt sich zuoberst aus einer ca. 0,3 m mächtigen Oberbodenschicht und darunter liegenden maximal 2,6 m mächtigen meist bindigen, teils torfigen Hangablagerungen zusammen. Im westlichen Teil des Untersuchungsgebiets liegen unterhalb der Hangablagerungen bis zu 4,5 m mächtige Stillwasserablagerungen in Form von Schluff-Feinsand-Gemischen. Im östlichen Teil des Untersuchungsgebiets liegen unterhalb der Hangablagerungen meist bindige, stellenweise nichtbindige Grundmoräneschichten. Zuunterst folgt die Obere Süßwassermolasse in Form von halbfesten bis festen Schluffen / Tonen bis Sandstein / Tonstein. Die Schicht bildet den Grundwasserstauer.

Grundwasser wurde zwischen 0,38 m und 1,95 m unter GOF erkundet. Das Grundwasser fließt hangparallel nach Westen in Richtung Bachlauf ab. Innerhalb der nichtbindigen Grundmoräne ist das Grundwasser lokal gespannt.

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden weder Kampfmittelerkundungen noch orientierende umwelttechnischen Analysen des Baugrunds durchgeführt.

Die Gründung der PV-Anlage soll mittels Stahl-C-Profil-Rammpfählen erfolgen. Zur Vorbemessung werden Angaben zur Scherfestigkeit und aktivierbaren Mantelreibung des Baugrunds gemacht. Aufgrund der schlechten Baugrundverhältnisse sollten die Angaben mit Hilfe von in situ Pfahlprobebelastungen überprüft werden.

Bei Grabungsarbeiten ist mit Grundwasser zu rechnen, das mit Maßnahmen einer offenen Wasserhaltung abgeleitet werden kann und voraussichtlich im Untersuchungsgebiet wieder versickert werden kann.

Es wird abschließend empfohlen, die Baugrundsituation im Zuge der Aushubarbeiten fortschreitend mit der hier beschriebenen Baugrundsituation zu vergleichen und bei Abweichung bzw. im Zweifelsfall hinsichtlich geotechnischer Fragestellungen einen Sachverständigen einzuschalten.